

核三廠起動變壓器 MC-X04  
故障失火事件調查報告

行政院原子能委員會 核能管制處

中華民國 98 年 7 月 23 日

## 目錄

一、	前言.....	1
二、	事件經過與災後處理.....	2
三、	滅火成效檢討.....	7
四、	事件肇因分析.....	15
五、	原能會後續管制措施.....	16
六、	結語.....	20

## 表目錄

表 1	廠內電源配置 .....	21
-----	--------------	----

## 圖目錄

圖 1	345 kV 起動變壓器外觀(MC-X01)	22
圖 2	345 kV 單線圖	23
圖 3	火災地點圖	24
圖 4	使用吸油棉吸取洩漏之絕緣油	25
圖 5	洩漏絕緣油回收裝桶	26
圖 6	設置攔油索限制絕緣油外釋	27
圖 7	MC-X01 使用前檢查作業	28
圖 8	火場旁之備用輔助變壓器	29
圖 9	345 kV 起動變壓器結構俯視圖	30
圖 10	高壓套管內部結構圖	31
圖 11	B 相高壓套管	32
圖 12	鏽蝕穿孔處	33
圖 13	水分入侵示意圖	34
圖 14	閃絡點(套管油側瓷管與膨脹室相接處)	35
圖 15	閃絡點(對應導體及絕緣紙電容體閃絡處)	36

## 附件

附件一	起動變壓器 MC-X04 使用紀錄與維護方式.....	37
附件二	本會新聞稿.....	42
附件三	滅火過程.....	43
附件四	核三廠 345 kV 起動變壓器火災討論會會議紀錄.....	46
附件五	核三廠 345 kV 起動變壓器火災現場視察會議紀錄....	49
附件六	核能電廠違規事項處理表.....	51

# 核三廠起動變壓器 MC-X04 故障失火事件調查報告

## 一、 前言

98 年 6 月 12 日下午 3 時 13 分，核三廠 345 kV 起動變壓器 MC-X04 突然發生火警，電廠出動廠內消防隊並請恆春消防分隊支援滅火，火勢於 35 分鐘內撲滅。

345 kV 起動變壓器為大型變壓器之一種，此種變壓器通常在大型發電廠均會設置，在核能電廠設備中，歸屬於非核能安全相關設備。核三廠 345 kV 起動變壓器為日立公司於民國 70 年製造，主要功能為將 345 kV 外電轉換為 4.16 kV 和 13.8 kV，使用時機有：(一)在大修期間及機組起動時，供應廠內設備電源。(二)當機組正常運轉時，作為廠內設備之備用電源。345 kV 起動變壓器線圈繞組及鐵心採絕緣油冷卻，油量為 56,400 公升，在 100%負載運轉下容許溫升為 55℃。核三廠共有兩台 345 kV 起動變壓器(MC-X01 與 MC-X04)，一台使用，一台備用，可以停電切換。本次事件時，MC-X04 正在加壓備用中，起動變壓器外觀可參見圖 1，MC-X04 使用紀錄與維護方式請參見附件一。

核三廠 345 kV 起動變壓器 MC-X04 故障失火期間，原能

會(以下簡稱本會)駐廠視察員已於現場進行火災作業相關查證，並與台北辦公室保持密切連繫。本次事件並未影響機組安全，過程中無人員傷亡，亦無輻射外洩，在國際核能事件分級制中屬未達級數之 0 級事件，無安全上顧慮。

## 二、 事件經過與災後處理

(一)、 98 年 6 月 12 日，核三廠兩部機組均在正常運轉中，爐心功率分別為 98%與 100%，此時廠內用電皆由輔助變壓器或 161 kV 外電供應，345 kV 外電僅加壓至起動變壓器 MC-X04 作為後備電源之用（詳細配置如表 1）。

(二)、 當日下午，因 345 kV 起動變壓器 MC-X04 B 相絕緣氣體(SF<sub>6</sub>)壓力錶法蘭面有洩漏，電氣組鄭君等 3 人進行 O 型封環更換作業。鄭君於工作過程中聽到異音，便通知變壓器負責人王君前往檢查。王君檢查後認為變壓器 B 相有異聲，遂離開變壓器前往通知課長處理。就在離開變壓器數十公尺時，變壓器 MC-X04 即發生起火事件。

(三)、 事件經過如下。

時間	狀 況
15:13:18	1 號機主控制室出現 A-PB-S01 低電壓警報。
15:13:19	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 1 號機主控制室出現 345 kV 起動變壓器差動電驛(587 B 相及 C 相)動作警報。</li> <li>● GCB 3510 及 3520 自動打開狀態顯示(參見圖 2 之單線圖)。</li> <li>● 突壓電驛(563)動作警報。</li> </ul>
15:13:20	1 號機主控制室出現消防水閥 KC-XV308 自動開啟警報。
15:13:23	1 號機主控制室出現廠內消防泵 KC-P143 自動起動燈號。
15:13:26	1 號機主控制室出現廠內消防泵 KC-P142 自動起動燈號。
15:13	值班經理通知 1 號機機電助理前往查看。
15:14	機電助理回報 345 kV 起動變壓器 MC-X04 起火，地點請參見圖 3。
15:15	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 1 號機值班主任通知廠內消防隊。</li> <li>● 廠內化學消防車抵達火場，開始佈置 1 線移動式自動搖擺噴灑砲塔。</li> </ul>

時間	狀況
15:16	廠內消防救災指揮車、廠內水箱消防車抵達，開始佈置 2 線移動式自動搖擺噴灑砲塔。
15:18	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 現場員工通報火勢大，1 號機值班主任通知恆春消防分隊進廠支援。</li> <li>● 廠內化學消防車移動式自動搖擺噴灑砲塔 1 線泡沫開始撲滅地面洩漏絕緣油火勢。</li> <li>● 廠內水箱消防車移動式自動搖擺噴灑砲塔 2 線水霧出水對變壓器作冷卻降溫及阻隔延燒。</li> </ul>
15:23	1 號機主控制室主變壓器風扇運轉狀態指示燈盤 (QL-3S 及 QL-3T) 燈號熄滅，當值值班經理請 1 號機值班主任聯絡調度室後，兩部機皆開始降載。 <sup>1</sup>
15:25	廠內化學消防車再拉設 2 線泡沫瞄子從變壓器西側對 B、A 相作阻隔及滅火。

<sup>1</sup>起動變壓器 MC-X04 發生火災後，因信號線路接地過電流，使得連接至 1 號機主控制室盤面 JP012 下方狀態指示燈盤 (QL-3S 及 QL-3T) 之共用保險絲燒斷，造成主變壓器風扇運轉狀態燈喪失顯示。此時主變壓器溫度雖仍可由廠用電腦系統監視，且顯示溫度在正常範圍，但是現場人員回報燃燒濃煙飄向主變壓器方向，當值值班經理保守地決策降載因應，請 1 號機值班主任聯絡調度室後，兩部機皆開始降載。

時間	狀 況
15:28	恆春消防分隊及其所隸屬之屏東縣消防局第四大隊支援陸續抵達火場。
15:30	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 1 號機主控制室狀態指示燈盤(QL-3S 及 QL-3T)更換保險絲後恢復指示,顯示主變壓器風扇運轉正常。</li> <li>● 2 號機停止降載(反應器功率 94%,發電出力 904 MWe)。</li> </ul>
15:31	廠外化學消防車利用車頂砲塔噴灑泡沫滅火,1線水霧在變壓器後方阻隔冷卻。
15:38	載運廠內化學泡沫原液補充。
15:39	1 號機停止降載(反應器功率 91%,發電出力 890 MWe)。
15:40	火勢完全控制。
15:41	廠外化學消防車停止噴灑。
15:43:09	1 號機主控制室出現廠內消防泵 KC-P144 自動起動燈號。
15:48	火勢完全撲滅。

時間	狀 況
15:50	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 火場留置移動式自動搖擺噴灑砲塔 3 線持續水霧降溫冷卻。</li> <li>● 當值值班經理依據本會「核子反應器設施異常事件報告及立即通報作業辦法」、電廠運轉規範，及廠內程序書 113「異常事件處理程序」填寫通報表，傳真通報本會，同時傳真給台電公司核能發電處、緊急計劃執行委員會與發言人，以及屏東縣政府、恆春鎮公所等。本會分別於 15：50、16：28 及 16：44 接獲 3 次傳真通報。</li> </ul>
16:30	本會與核三廠及台電總公司進行視訊會議討論火勢撲滅狀況、對機組安全影響及電廠因應措施。
16:35	廠外消防車離廠。
19:00	本會發布新聞稿(如附件二)，並將相關資訊公布於本會網站，使民眾能了解事件狀況。

(四)、 火勢撲滅後，核三廠立即開始進行洩漏絕緣油清理工作，於排水系統使用吸油棉(參見圖 4)與抽油設備蒐

集絕緣油，裝桶貯存(參見圖 5)，並於排水系統下游處設置多道攔油索(參見圖 6)，以限制絕緣油不排出廠外。事故後共蒐集絕緣油約 42,000 公升。

(五)、 由於核三廠喪失 345 kV 外電，依運轉規範第 3.8.1 節規定，必須在 72 小時內將另一部 345 kV 起動變壓器(MC-X01)置入使用，以恢復 345 kV 電源，否則兩部機組必須停機。但為確保變壓器未受 MC-X04 故障影響，使用前先依程序書 700-E-122「起動變壓器(S/U XFMR)大修檢查程序書」進行另部起動變壓器 MC-X01 使用前檢查(參見圖 7)；並依程序書 312.5「345 kV 起動變壓器 MC-X01 及 MC-X04 切換操作程序書」操作，於 6 月 14 日 10:32 將起動變壓器 MC-X01 置入系統使用，恢復 345 kV 廠外電源可用，符合運轉規範 72 小時內復原之要求。

### 三、 滅火成效檢討

(一)、 MC-X04 火災發生後，廠內消防隊、作業支援中心(OSC)之緊急消防隊、工安組人員、電廠員工及廠內包商人員(泰興公司)等，皆加入滅火行列，總計約投入

80 人。屏東縣消防局第四大隊亦支援 48 名警(義)消與 12 輛消防車進行滅火，滅火過程請參見附件三。估算本次滅火行動，共使用 1,237 噸消防水，在電廠消防水之設計存量之內。

(二)、 火災初期，火勢隨著洩漏出之絕緣油延燒，一度擴散至相鄰之備用輔助變壓器。火災撲滅後進行輔助變壓器之絕緣電阻測定、匝比測定等檢查，初步判定其電氣相關功能皆正常，僅造成設備表面燻黑(參見圖 8)。

(三)、 6 月 19 日於本會召開「核三廠 345 kV 起動變壓器火災討論會」，請台電公司進行報告，並邀請消防相關專家學者，包括警察大學簡賢文教授、沈子勝教授，及清華大學許文勝博士等共同參與，會議結論如附件四。各專家學者針對事件處理過程進行檢視，提出了數項建議與看法，整理分項敘述如下。

1. 滅火行動方面：本次起動變壓器火災事故，於 35 分鐘內將火勢控制與熄滅；事件後回收絕緣

油總量約 42,000 公升，估計火災時燃燒約 14,400 公升，就結果而言，滅火行動表現良好。惟滅火過程中，除消防隊員著正式裝備外，其餘人員並無穿戴消防衣帽，人身安全堪慮，故建議電廠加強訓練並增加消防裝備以供滅火人員使用。此外，於火勢壓制過程中，滅火人員逐漸將移動式自動搖擺噴灑砲塔移近變壓器，或是將消防瞄子逐漸拿近起火點滅火，此過程中沒有使用其他防護器具，造成人員有過於靠近火源之情形，且曝露於爆炸危險之中。滅火行動是否需使用防護器材或需先有詳細評估後再進行推進，應可檢討。

## 2. 消防設施方面：

### (1) 防火牆高度：

防火牆之設置，應能侷限火勢於該區域內，以防止擴散延燒。本次發生火災之起動變壓器 MC-X04，其絕緣油槽配置於本體上方，略高於防火牆之高度，故若爆裂起火，其本身高度加上火

焰高度，防火牆將無法侷限火焰；若再配合洩漏噴出之絕緣油，火勢將可能波及相鄰區域。本次起火點雖非絕緣油槽，但是燃燒初期火焰高度已超過防火牆；加上火勢隨洩漏出之絕緣油延燒，一度自前方擴散至相連接之備用輔助變壓器，並造成表面燻黑。故應檢討目前防火牆之高度與深度，是否能完全侷限火勢。

## (2) 消防水噴灑機制：

起動變壓器燃燒過程中，因火勢超出防火牆範圍，導致備用輔助變壓器區之消防灑水閥亦自動動作噴灑。針對此項目，應檢討消防灑水閥動作機制，若起動變壓器區消防灑水閥動作時，備用輔助變壓器區消防灑水閥亦能先自動開啟噴灑，則應能降低火勢擴散造成之影響。在消防水源部分，核三廠設計上之消防水存量足夠持續使用 2 小時，且還有其他 2,000 噸與 50,000 噸水池備用，水源存量充足，故建議電廠可研究修改消防水噴灑機制，是否可加入相鄰區域一併動作噴

灑之連鎖。

### (3)噴灑系統設置：

核三廠之變壓器區使用水霧噴灑系統，火災發生時自動噴灑滅火。惟本次事件並沒有完全達到滅火效果，作用僅止於降低火場溫度。針對此項，應再確認水霧噴灑頭裝設之水平距離、與變壓器之垂直距離、噴灑流量與密度等，是否符合相關法規要求（如 NFPA-15）。

### (4)滅火劑選用：

本次滅火行動，主要是倚靠 3%水成膜泡沫之滅火能力。然而水成膜泡沫一般適合應用於平面式火災，才能發揮最佳覆蓋隔絕效果。此次出火點為半空中，過程中絕緣油亦不停流至地面，針對此種立體型式之火災，水成膜泡沫似乎不能發揮最佳功能。雖然水成膜泡沫已可符合國內消防法規要求，但由於附著能力有限，不易發揮迅速滅火的效果，故建議電廠可評估採用附著能力更

好的滅火劑。

#### (5)集水池容量：

變壓器下方設有地下集水池，可收集洩漏之絕緣油。本次事件發生當日恰好為雨天，雨水進入集水池後，水位將會上升而影響油蒐集功能。此外，火災時消防用水亦會大量流入集水池，其容量是否充足，應再評估。在國外案例中，曾發生油溢流而使火勢擴散，且油溢流後會影響水源，導致環境問題，故電廠亦應建立程序，定期檢查流徑是否清潔無雜物、水位高度與測試沉水泵，並定期與不定期進行洩水工作，以確保集水池能發揮設計功能。

### 3. 通報作業方面：

#### (1)火災通報：

核三廠程序書 107「消防計劃」規定，設備火災持續 10 分鐘以上，仍無法有效控制火勢，由現場火場指揮官或電廠消防隊通知主控制室值班主

任/值班經理，再由值班主任/值班經理利用 1 號機主控制室直通電話通報恆春消防分隊請求支援。本次事件值班主任於 15:18 即通知恆春消防分隊，約在事件發生 5 分鐘後。

有關火警通報時間，依相關法規之規定，應於發現後第一時間通報消防單位，俾消防單位能儘早提供協助。電廠程序書與法規規定並不一致，建議修改程序書，以符合相關規定。

## (2)事件通報：

依廠內程序書 113「異常事件處理程序」之表 A 規定，異常事件需以電話通報本會核安監管中心及本會核管處核三科科長。本次事件過程中，核安監管中心最先於 15:31 接獲消防署通知，於 16:01 方接獲核三廠值班經理電話通知，此時現場已滅火完成。

核三廠 1 號機主控制室內已有與本會核安監管中心直通之熱線電話，值班人員未能使用熱線電話儘速通報本會，直到滅火完成後才通報，就

通報時間部分雖未違反本會「核子反應器設施異常事件報告及立即通報作業辦法」第五條應於二小時內通報之規定，但卻未善用熱線電話即時通報之功能。針對類似引發民眾關心之事件，電廠通報本會之作業速度應有改進空間，故建議核三廠加強值班人員訓練，要求發生重大事件時，立即通知本會。

4. 其他故障設備方面：本次起動變壓器 MC-X04 火災，因信號線路接地過電流，使得連接至主控制室盤面 JP012 下方狀態指示燈之共用保險絲燒斷，造成主變壓器風扇運轉狀態燈喪失顯示。在當值值班經理保守性決策下，兩部機皆降載因應。針對此項情形，應全面性檢討儀控設備與線路，是否存有共因失效的可能，致其他相關設備同時喪失功能。

5. 維護作業程序方面：火警事件發生前，工作人員已先察覺到起動變壓器有異音，惟並沒有掌

握時效將變壓器斷電隔離，以阻止事件發生。  
建議電廠參考國際間共同做法，訂出標準作業  
流程，並加強人員訓練，於聽到變壓器有異音  
時，能立即反應與謹慎、安全地處理，以免因  
變壓器故障火災而危及人員安全及造成財產  
損失。

#### 四、 事件肇因分析

(一)、 台電公司組成「核三廠 345 kV 起動變壓器失  
火肇因調查專家小組」，並邀請公司外專家及原廠日立公司  
技師加入，聯合進行事故原因調查。

(二)、 345 kV 外電線路分為 3 相(A、B、C 相)，透過  
高壓套管輸入至起動變壓器，起動變壓器與高壓套管之結構  
參見圖 9 與 10 所示。台電公司肇因調查專案小組調查發現，  
B 相高壓套管絕緣油之膨脹室(Expansion Chamber，為 6 毫  
米厚之碳鋼)上方，兩固定法蘭(Flange)面間之鐸道附近，  
有一鏽蝕穿孔，位置如圖 11 與 12 所示。水分可由此侵入套  
管內，造成絕緣油之絕緣劣化，此絕緣劣化引起套管對地絕

緣破壞，參見圖 13 之水分入侵示意圖。

(三)、 此絕緣破壞引起閃絡效應(閃絡點如圖 14、15 所示)，高溫使絕緣油迅速膨脹，並分解出可燃性氣體。可燃性氣體之壓力瞬間升高造成高壓套管(絕緣油側)破裂，並使得變壓器釋壓閥動作與 B 相高壓套管手孔蓋板被震落，絕緣油與可燃性氣體自此噴出。因可燃性氣體溫度很高，釋出後接觸到空氣中的氧氣而開始燃燒，引起火災事件。

(四)、 依核三廠之說明，今(98)年 4 月份 1 號機第 18 次大修期間，本台起動變壓器 MC-X04 曾執行外表除鏽油漆作業。除鏽油漆作業係以手工執行，惟當時並未發現 B 相高壓套管膨脹室上方有鏽蝕穿孔現象。台電公司將待屏東縣消防局解除火災證物管制後，再把故障之高壓套管送國內研究單位進一步分析，以釐清鏽蝕穿孔之真正原因。

## 五、 原能會後續管制措施

(一)、 6 月 12 日下午起動變壓器 MC-X04 故障失火後，立即由本會駐廠視察員全程掌握火災發展狀況，並進行

事件查證。查證發現火災過程中，雖然因絕緣油燃燒形成濃煙，然而火勢僅在廠房外圍之變壓器區，對於反應爐安全相關設備並無影響，故此事件未造成核能安全防禦功能衰減，因而確認屬國際核能事件分級制中之無安全顧慮事件(0級)。

(二)、 6月19日於本會召開「核三廠345 kV起動變壓器火災討論會」，請台電公司進行報告，並邀請消防相關專家學者，包括警察大學簡賢文教授、沈子勝教授，及清華大學許文勝博士等共同參與，會議紀錄詳如附件四所示。

(三)、 6月26日向本會之諮詢單位「核子設施安全諮詢會」簡報此次事件，並與委員進行事件討論。會議決議核三廠應檢討維護保養機制與加強設備即時監控，對於非屬核能安全相關設備，亦應注意維護之重要性。此外，核三廠應改進通報機制及檢討消防設備，並建立事件經驗回饋。

(四)、 7月6日本會駐廠視察員審查核三廠對於變壓器維護相關技訊之處理情形，以查證起動變壓器故障防範之

可能性。抽查編號 92-018、91-006、89-030 等 3 則技訊資料，審查結果如下：

1. 技訊 92-018 建議變壓器維護計畫應考慮項目有 14 項，核三廠以「平時每季、每年都有列入預防保養項目執行」答覆，似乎過於簡略，核三廠應參考廠家及工業標準，檢討維護項目是否完整。
2. 技訊 91-006 描述電力變壓器問題之可能原因及徵兆，其中亦包括高壓套管失效模式，與本次初步判定之故障型式相似，核三廠若能嚴謹看待此技訊，可能有機會防範本次火災事件。
3. 技訊 89-030 描述主變壓器、輔助變壓器和變電所變壓器事故，核三廠參考此技訊內容，於 91 年 12 月 10 日辦理內部訓練，課程名稱為「國內外重要經驗回饋」。核三廠若能針對此技訊所列議題加強教育訓練，例如舉辦系統討論會，協助廠內工程師提升變壓器基本知識與維護技巧，應有助於預防本次事件發生。

(五)、 7 月 8 日本會核管處組成 7 人視察小組，赴核

三廠進行起動變壓器火災現場專案視察，並於核三廠召開會議。會議決議請台電總公司協助研閱工業界標準，統籌訂定核能電廠大型變壓器之維護指引。而另一台加壓中之起動變壓器 MC-X01 亦發現鏽蝕情況，故請核三廠儘速規劃並完成其除鏽、修補、測厚工作，以及進行高壓套管之介質功因 (Power Factor) 測試。會議紀錄詳如附件五所示。

(六)、7月16日發文本會核能研究所，請其執行 345 kV 起動變壓器 MC-X04 B 相高壓套管膨脹室故障點取樣，並分析其油漆及底漆之分布情形，以確認破孔原因，藉以平行驗證本案之肇因。

(七)、7月16日本會開立「核能電廠違規事項處理表」作出四級違規之處分（如附件六），請核三廠針對變壓器維護作業確實進行檢討改正。本會針對此次事件調查後發現，核三廠未依廠家說明書於維護作業程序書中明列變壓器之除鏽補漆作業時程及方式。此外，核三廠維護作業程序書 700-E-121 「起動變壓器定期檢查程序書」之 345 kV 起動變壓器維護查證表步驟 17 規定，345 kV 起動變壓器應每三個

月針對「外殼脫漆生鏽」進行定期檢查，惟本會查證另一台 345 kV 起動變壓器 MC-X01 時，發現於 A 相高壓套管膨脹室外側亦有鏽蝕之情況，顯示核三廠未落實執行程序書規定，故核三廠變壓器維護作業上確有缺失。

## 六、 結語

總結此次火警事件，並未影響機組核能安全，過程中無人員傷亡，亦無輻射外洩，在國際核能事件分級制中屬無安全顧慮之 0 級事件。事件肇因初步調查結果，發現 345 kV 起動變壓器 MC-X04 B 相高壓套管絕緣油之膨脹室上方 6 毫米厚碳鋼表面有鏽蝕穿孔，導致絕緣劣化，閃絡而引發大火，惟穿孔之真正原因尚須進一步分析。本會將持續追蹤本事件各項缺失之改正行動，並要求核三廠做好各項設備之維護保養工作，以確保核能安全。

表 1 廠內電源配置

		A-PB <sup>1</sup>	NB <sup>2</sup> -S01	NA <sup>3</sup> -S01	NA-S02	NA-S03	NB-S02	B-PB
1 號 機	受電電源	UAT <sup>4</sup>	UAT	UAT	UAT	UAT	UAT	161kV
	後備電源	345kV	345kV	345kV	161kV	161kV	161kV	345kV
2 號 機	受電電源	UAT	UAT	UAT	UAT	UAT	UAT	161kV
	後備電源	345kV	161kV	345kV	161kV	161kV	345kV	345kV

<sup>1</sup> PB：4.16 kV 安全相關匯流排

<sup>2</sup> NB：4.16 kV 非安全相關匯流排

<sup>3</sup> NA：13.6 kV 非安全相關匯流排

<sup>4</sup> UAT：輔助變壓器(Unit Auxiliary Transformer)



圖 1 345 kV 起動變壓器外觀(MC-X01)

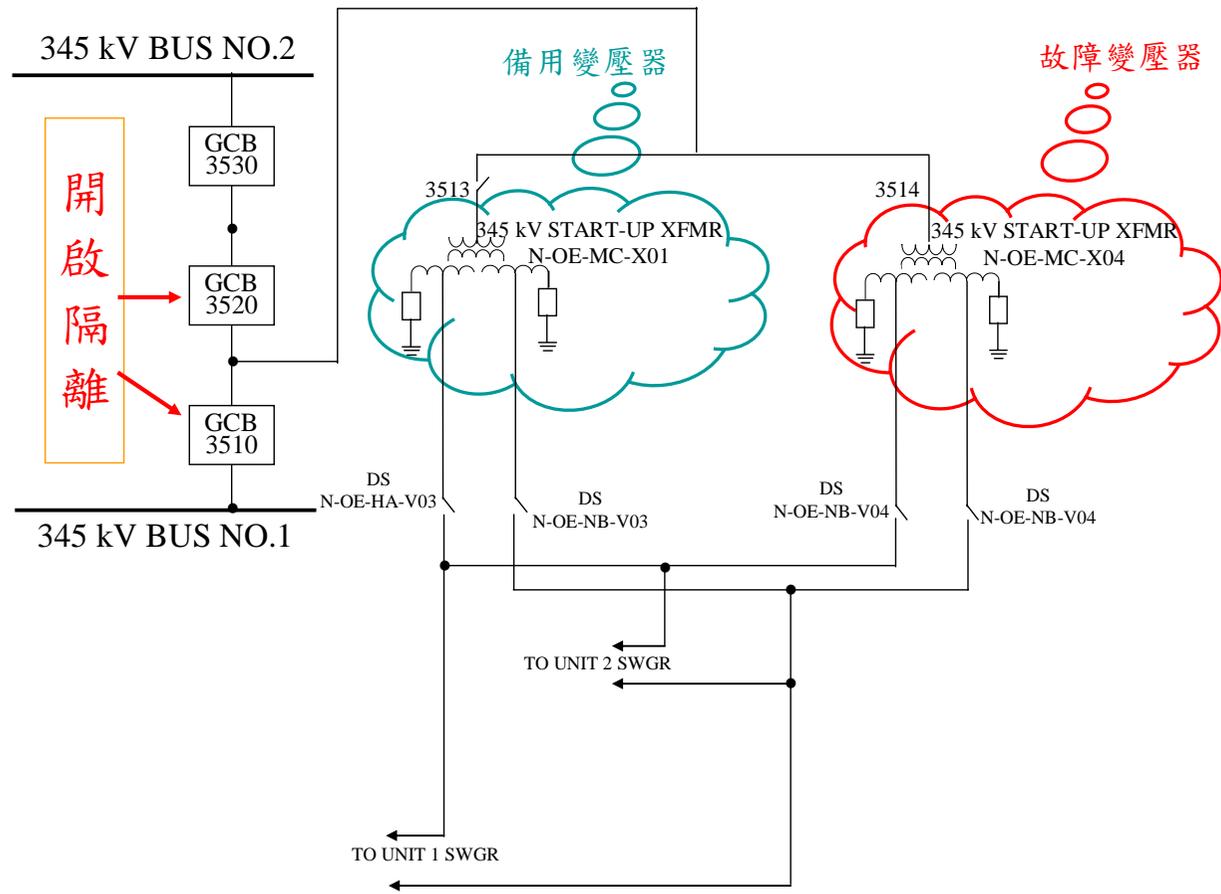


圖 2 345 kV 單線圖

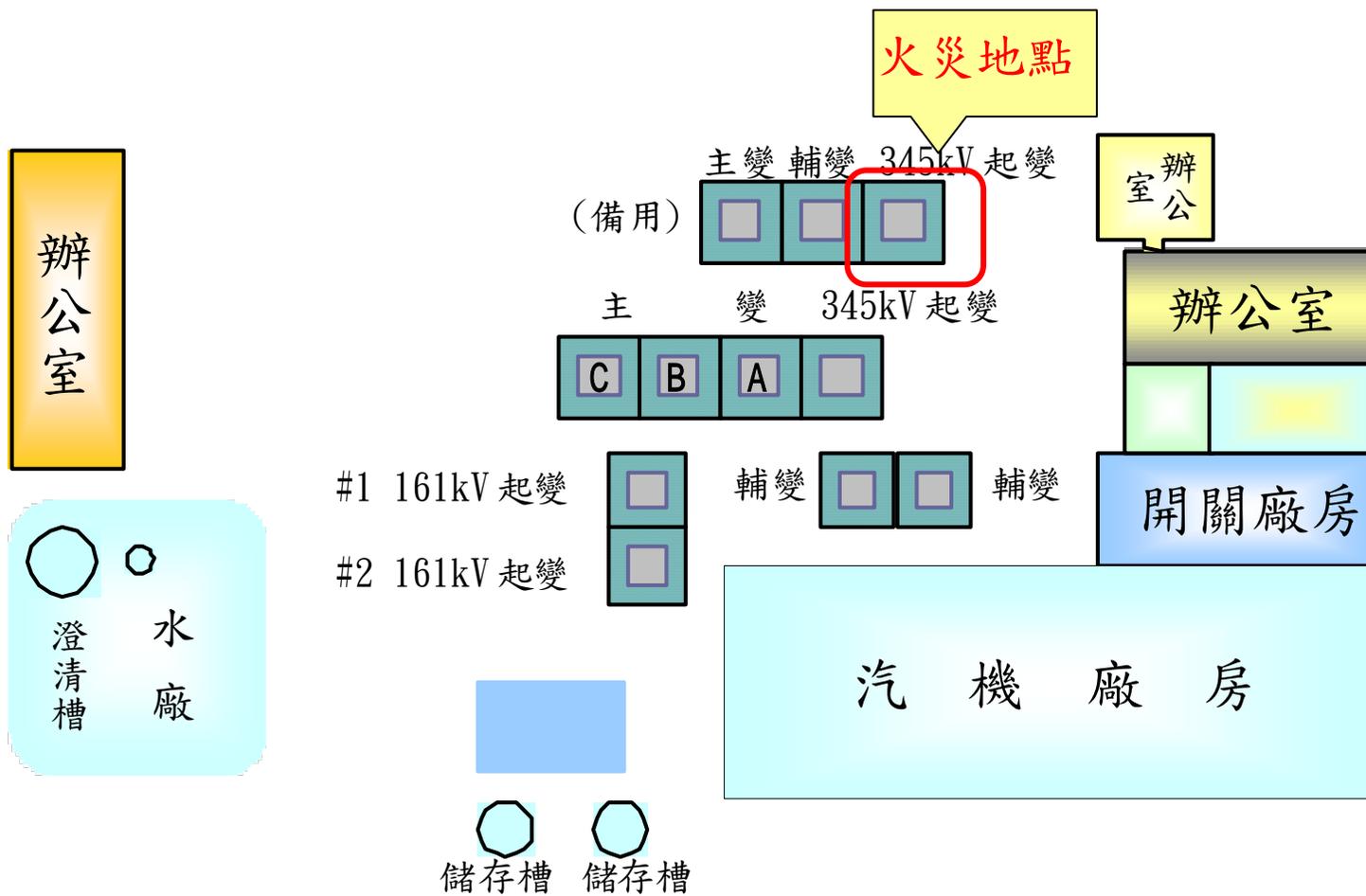


圖 3 火災地點圖



圖 4 使用吸油棉吸取洩漏之絕緣油



圖 5 洩漏絕緣油回收裝桶



圖 6 設置攔油索限制絕緣油外釋



圖 7 MC-X01 使用前檢查作業



圖 8 火場旁之備用輔助變壓器

# 345KV 起動變壓器結構俯視圖

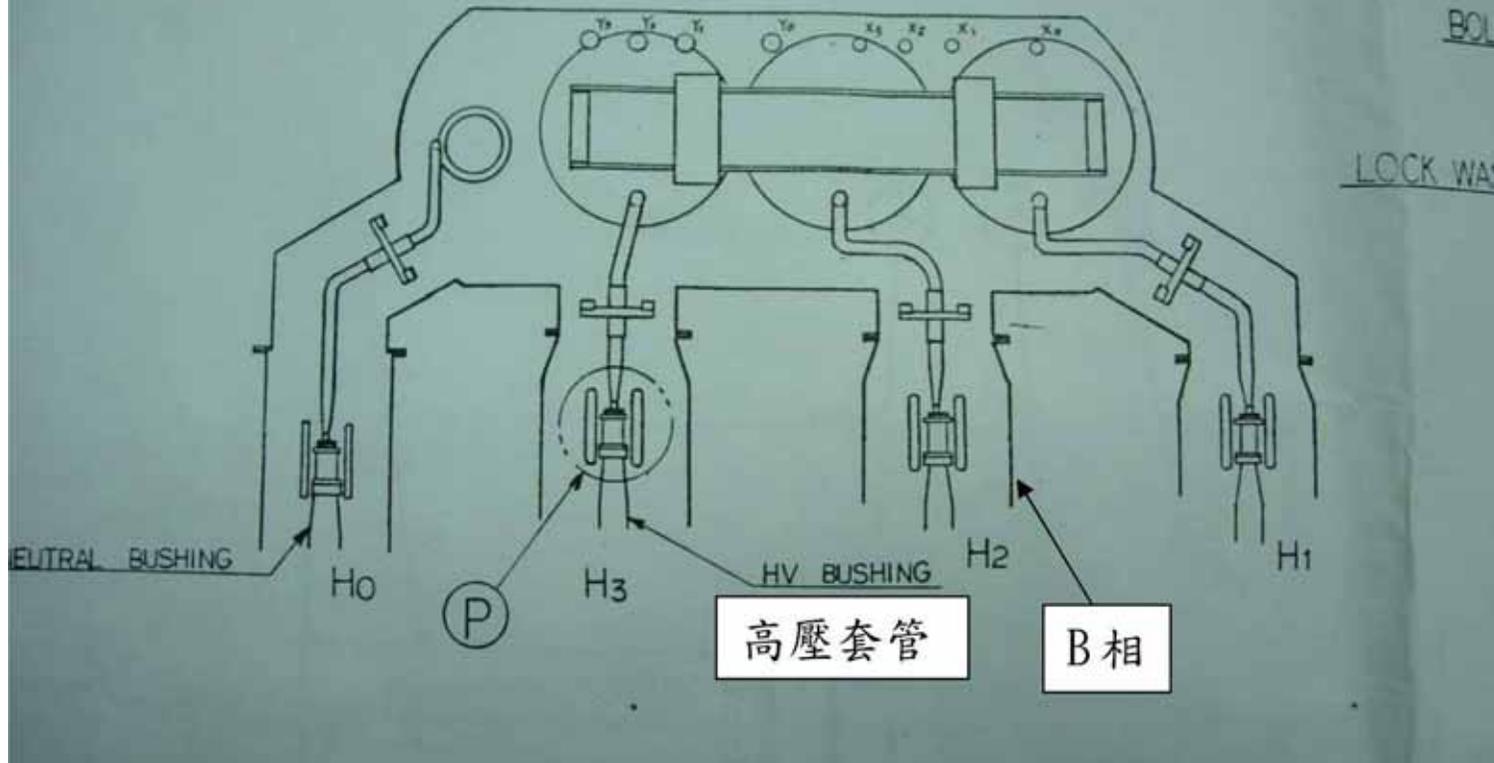


圖 9 345 kV 起動變壓器結構俯視圖



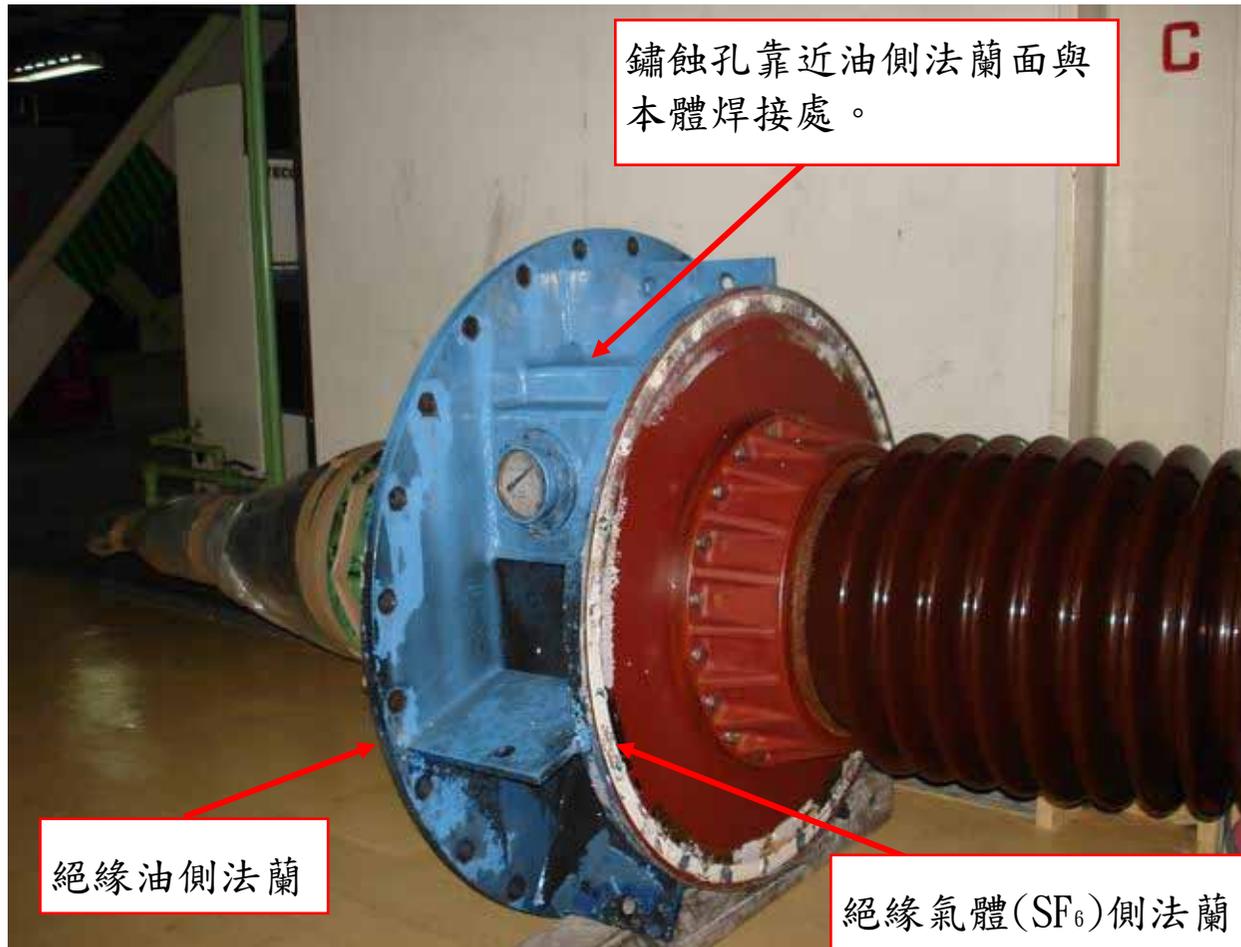


圖 11 B 相高壓套管

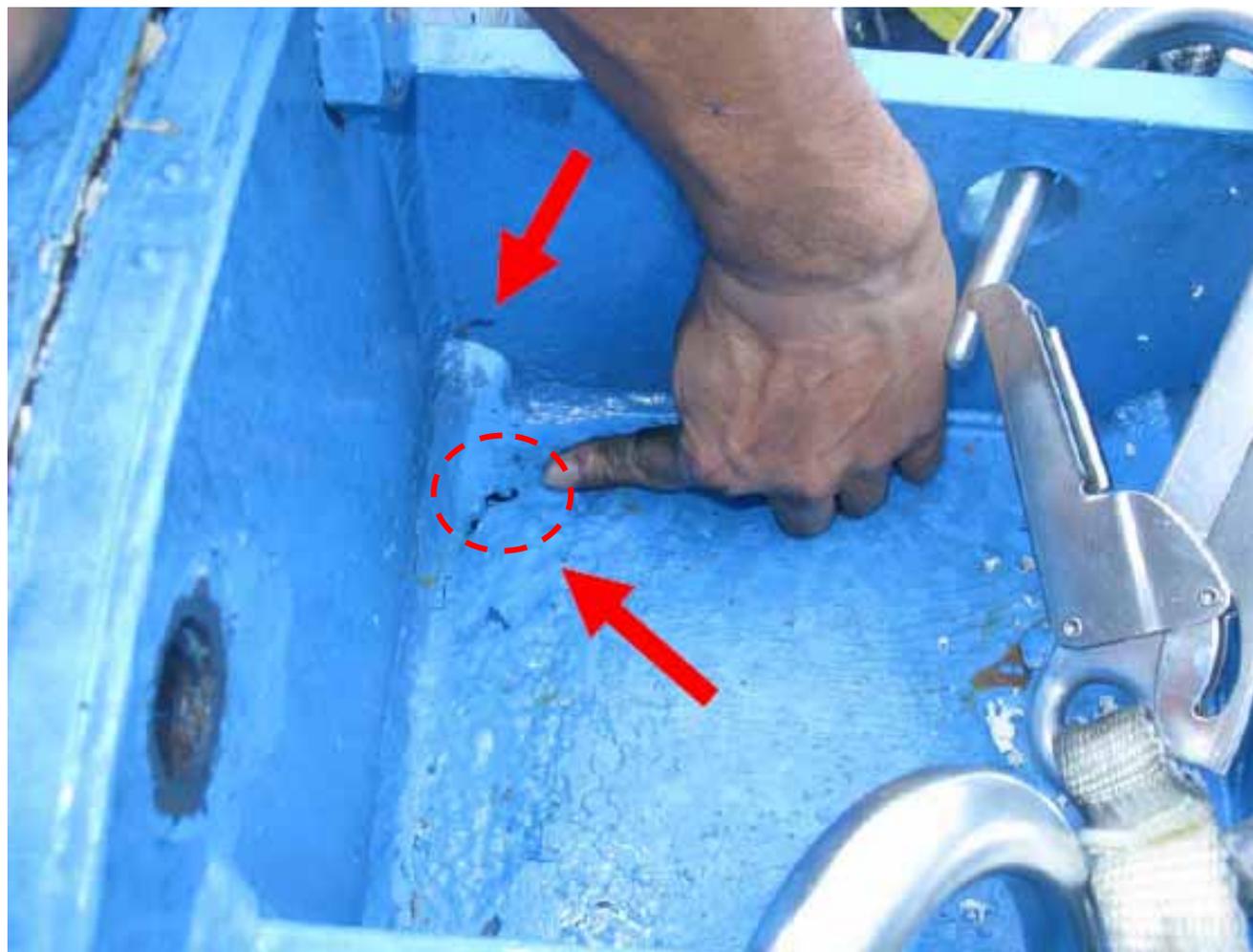


圖 12 鏽蝕穿孔處

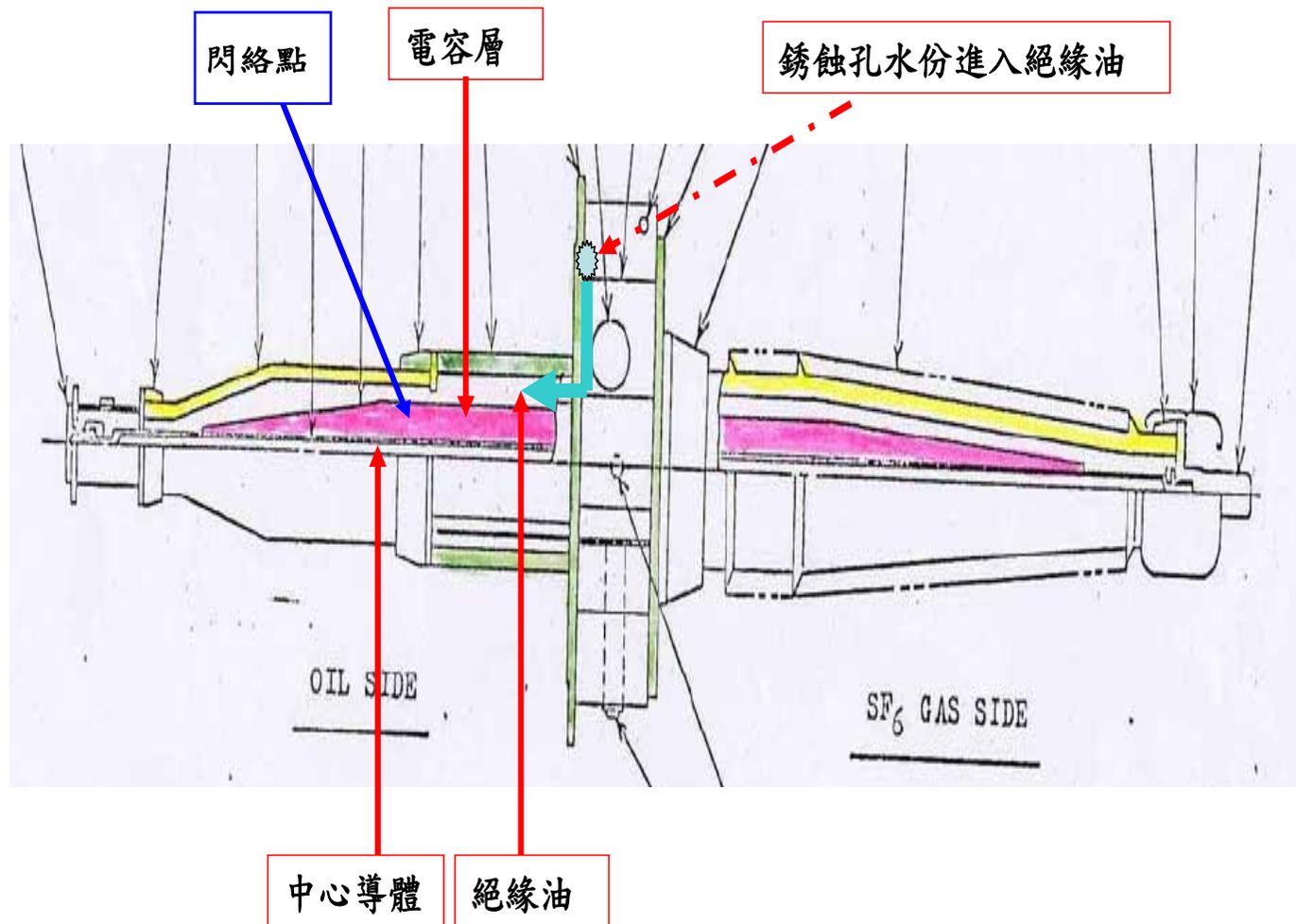


圖 13 水分入侵示意圖

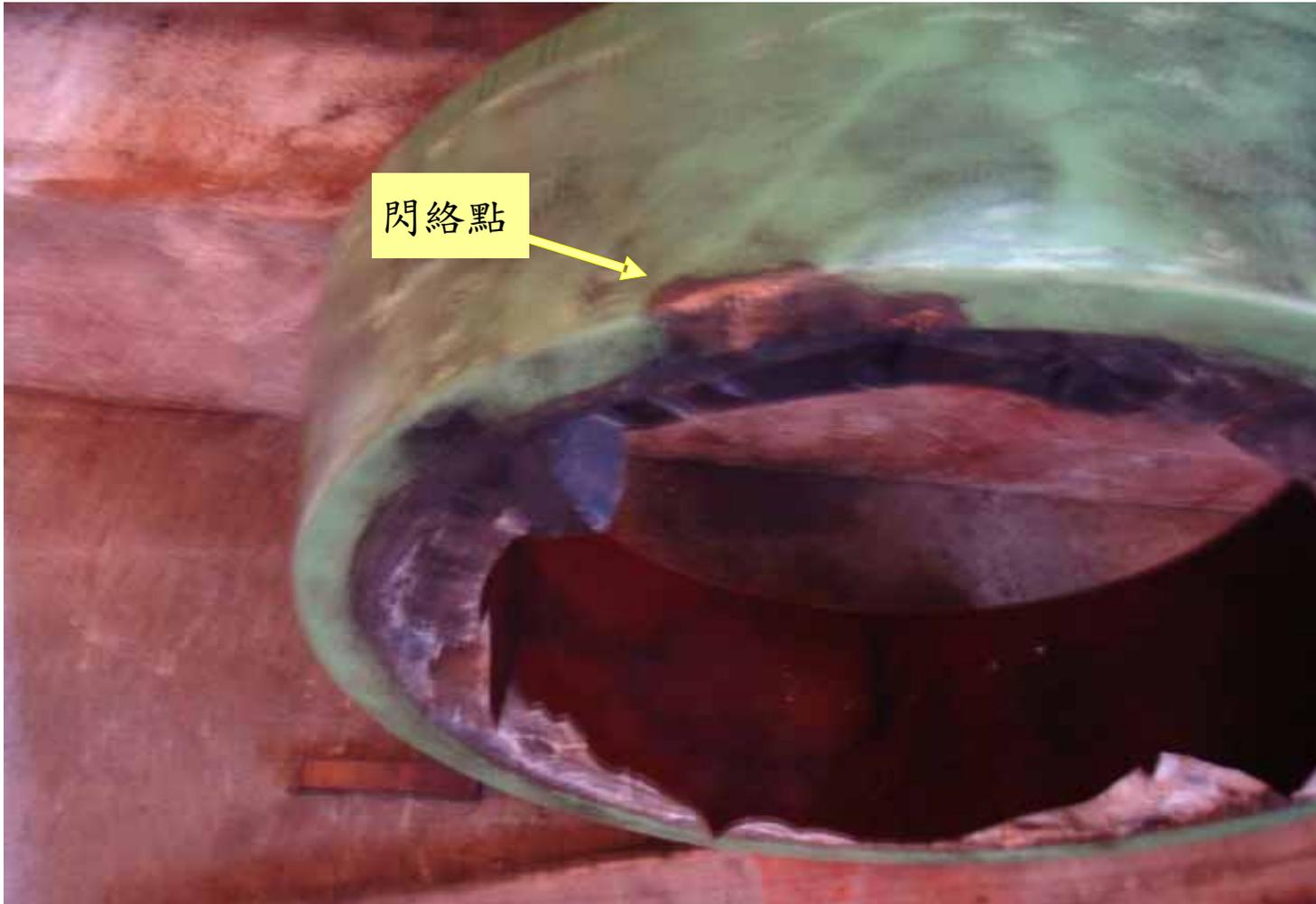


圖 14 閃絡點(套管油側瓷管與膨脹室相接處)



圖 15 閃絡點(對應導體及絕緣紙電容體閃絡處)

## 附件一 起動變壓器 MC-X04 使用紀錄與維護方式

一、依核三廠提供資料，MC-X04 為日立公司於民國 70 年製造，72 年安裝於現場當作另一台起動變壓器 MC-X01 之備品；93 年經評估後，增加 MC-X04 與電力系統之連接線路，完工後 MC-X04 可以直接切換上線以減少替換時間，自此兩台變壓器輪替使用，其使用紀錄為：

1. 94 年 4 月 25 日至 95 年 5 月 3 日第一次使用。
2. 95 年 5 月 3 日至 95 年 11 月 3 日退出當後備。
3. 95 年 11 月 3 日至 97 年 4 月 23 日第二次使用。
4. 97 年 4 月 23 日至 98 年 4 月 29 日退出當後備。
5. 98 年 4 月 29 日至 98 年 6 月 12 日第三次使用。
6. 98 年 6 月 12 日故障停用。

二、起動變壓器 MC-X04 維護保養與設備測試，依據不同時期區分有下列五大項。

### (一) 72 年至 93 年備品期間

1. ELT0-0169 (此編號為核三廠維護管理電腦化系統之保養項目編號，以下同)：外觀、油位、溫度計

檢查(每年一次)。

2. ELT0-0170：控制與警報回路、呼吸器及冷卻風扇

檢查(每年一次)。

3. ELT0-0171：絕緣油電阻測試(每年一次)。

4. ELT0-0172：絕緣油電介強度測試(每年一次)。

5. ELT0-0414：冷卻風扇、控制電纜檢查、絕緣油含水分及總可燃氣體化驗(每年一次)。

6. 每三個月定期巡視外觀、油位、溫度計、呼吸器、控制箱及冷卻風扇。

## (二) 93 年更改為備用時之整修及試驗項目

1. 變壓器各部組件整修項目(93.5.10~93.6.25)

(1)高低壓套管、散熱器、溫度表熱井等組件接合面墊片(Gasket)更新。

(2)絕緣油處理(抽真空、濾油、熱油循環)。

(3)本體控制設備檢測、功能測試(電阻、CT、冷卻風扇、保護電驛、溫度表校正)。

(4)除鏽油漆整理。

2. 變壓器完工試驗項目(93.8.11~93.8.17)

(1)絕緣測試(含 POWER FACTOR)、匝比測試

(93.8.11)。

(2)變形測試(線圈的完整性)。

(3)變壓器本體短路電流及交流遞升加壓試驗。

(4)部分放電測試

(三)93年11月14日加入電力系統前之測試項目

1. 執行 700-E-122 「起動變壓器(S/U XFMR)大修檢查程序書」

2. 交流遞升加壓試驗(變壓器本體及 GIB)

3. 部分放電檢測(93.11.14)

4. 變壓器對相及界面測試

(四)93年更改為備用後之維護保養措施(不論是置入使用或不使用均執行)

1. 變壓器設備現場巡視：油溫、油位、繞組溫度、洩漏偵測器、皮托電驛、釋壓裝置、呼吸器、本體外觀、散熱風扇及控制箱、線上油中氣體偵測器  
(700-E-1000 表格 ELT-004 變壓器現場巡視

表)(電氣組每月巡視)。

2. 變壓器設備現場巡視：油溫、油位、繞組溫度、呼吸器、本體外觀、散熱風扇及控制箱、線上油中氣體偵測器(電氣值班主任及機電助理每值執行)。
3. ELT0-0416(程序書 700-E-087.1)：變壓器絕緣油可燃性氣體分析—送台電綜研所執行(每半年)。
4. ELT0-0415(程序書 700-E-087.1)：變壓器絕緣油可燃性氣體及含水份分析—送核三廠化學組執行(每二個月)。
5. ELT0-0430(程序書 700-E-087.1)：變壓器絕緣油化學及電氣特性分析—送台電綜研所執行(每年)。
6. ELT0-0419(程序書 700-E-121)：起動變壓器定期檢查(每三個月)，包含開關箱及控制線路紅外線檢測(每三個月)及本體紅外線檢測(每半年)。
7. 變壓器絕緣油可燃性氣體分析趨勢圖繪製(每二個月)。
8. 線上可燃性氣體偵測儀：98年6月4日安裝完成。
9. 每月監視線圈及油溫之溫度變化曲線圖(每月)。

(五) 每次置入使用前之維護保養措施

於大修期間依 700-E-122 「起動變壓器(S/U XFMR)大修檢查程序書」執行各組件檢查維護。維護內容含漏油處理、墊片更換、線圈絕緣測試、絕緣油絕緣測試、絕緣油含水分及 TCG 試驗、溫度表及設定點校正、引線接頭接觸電阻量測、接地電阻箱電阻量測、控制回路絕緣量測、警報功能測試等。

## 核三廠變壓器火災

### 無放射性物質外釋、對環境無輻射影響

今(6月12日)日下午3時15分，位於核三廠廠區外圍的345仟伏起動變壓器突然失火，洒水系統自動起動，核三廠自有之消防隊亦出動消防車滅火，並通知恆春消防分隊支援滅火，火勢迅速獲得控制，於下午3時48分完全撲滅。核三廠二部機組狀況，經瞭解目前二部機組核反應器功率分別於90%(1號機)及94%(2號機)穩定運轉中，並無放射性物質外釋，對社會大眾安全及環境並無影響。

本次廠內火災發展狀況，本會除由駐廠視察員全程瞭解掌握外，並於當日下午4時30分由本會核管處與核三廠及台電公司進行視訊會議討論火災發生狀況、對機組安全影響及電廠因應措施。經瞭解核三廠已就本次火災發生原因積極進行調查並採保守性運轉策略，將二部機組分別穩定於90%(1號機)及94%(2號機)運轉中。由於本次345仟伏起動變壓器失火造成1串外電不可用，核三廠依運轉規範規定，進入運轉限制條件，應於72小時內將另一部備用之345仟伏起動變壓器引入取代本次失火之345仟伏起動變壓器，否則機組將執行停機之因應措施。目前核三廠將依據程序書完成備用之345仟伏起動變壓器之測試以確認可用後，取代本次失火之345仟伏起動變壓器。本會將密切注意後續發展狀況，嚴密核安管制。

#### 【新聞聯繫人】

1. 核能管制處：  
陳宜彬 處長 (0) 02-82317919#2110 (M)0932-373-086  
徐明德 副處長 (0) 02-82317919#2111 (M)0922-340-193
2. 發稿單位：綜合計畫處編訓科  
陳文芳科長 (0) 02-82317919#2070 (M)0988-826-692  
吳彥賢 (0) 02-82317919#2073 (M)0988-826-697

### 附件三 滅火過程



15:16

火災初期，火勢隨著外洩絕緣油延燒並產生大量濃煙。



15:18

員工進行通報作業，廠內水箱消防車已達現場水霧射水。



15:20

核三廠水箱消防車配置移動式自動搖擺噴灑砲塔射水降溫及阻隔延燒。



15:23

右方廠內化學消防車之移動式自動搖擺噴灑砲塔已將地面油火撲滅，停止射水準備轉移目標至變壓器。



15:34

屏東縣消防局第四大隊已加入救火，4線泡沫射水，2線水霧停止射水，準備移位趨近火場。



15:36

廠外化學消防車持續泡沫射水，並中繼補水。

	<p>15:38</p> <p>火勢逐漸被控制在變壓器防火牆內。</p>
	<p>15:40</p> <p>火勢完全控制</p>
	<p>15:48</p> <p>火勢完全撲滅，移動式自動搖擺噴灑砲塔3線持續水霧降溫冷卻。</p>

## 附件四 核三廠 345 kV 起動變壓器火災討論會會議紀錄

一、時間：98 年 06 月 19 日(星期五)上午 9 時 30 分

二、地點：原能會六樓會議室

三、主席：陳處長宜彬

四、出席單位及人員

原能會：黃偉平、王惠民、劉千田、張禕庭、施劍青、方鈞

臺電公司：陳廠長布燦、簡副處長福添、劉明輝、李國鼎、

張啟濱、邱秋華、陳順隆、許懷石、魏鯤宏、李浩祿、

黃咸弘、郭炳良、王彥傑、楊駿偉

警察大學：簡教授賢文、沈教授子勝、李婉菁、謝惠如、陳佳君、

張燕如、黃朝群、陳立育

清華大學：許博士文勝、匡湘瑋、李宜婉

五、會議結論

(一)會外學者專家建議事項

1.簡賢文教授建議事項：

(1) 防火牆之設置，應能侷限火勢於該區域內，以防止擴散延燒，

故建議依據變壓器本體及火燃燒情況，檢討目前防火牆之高度。

- (2) 建議電廠可研究修改消防水噴灑機制，是否可加入相鄰區域一併動作噴灑之連鎖。
- (3) 建議可考慮研究採取更有效之滅火劑。
- (4) 電話通報請求外援的時間，建議參考相關法規，宜儘速通報，以免有火災責任上的問題。

## 2. 沈子勝教授建議事項：

- (1) 在政策面檢討：建議將事件經驗回饋到防火策略之精進。
- (2) 在技術面檢討：建議依據火災情境（如 Jet Fire 及 Ditch Fire 造成火勢擴散；一般泡沫式滅火藥劑對 3D 火災之能力有限等）檢討設備之設計（如變壓器絕緣油釋壓閥位置設計、集油槽容量是否充足、使用附著能力更好之泡沫式滅火藥劑）；依據火災發生原因，檢討防火策略（如消防程序書）及火災預防（如失火設備之本體及設備本體及其監視設備之改善）。
- (3) 在訓練面檢討：事件經驗回饋至消防訓練上，是否符合火災情境；對火災應變（通報作業及救火行動）是否得宜，如本次事件之部分救火人員，有太靠近火源及未著裝情況。
- (4) 在媒體溝通面檢討：指定專人正確且迅速地回覆民眾與媒體的質疑，俾化解恐慌。

## 3. 許文勝博士建議事項：

(1) 建議檢討消防水噴灑是否依據相關法規（如 NFPA-15）來設計。

(2) 建議將事件實況經驗回饋到演習內容，檢討是否亦針對其他變壓器執行演練，並規劃各變壓器火災時之特殊設備與人員配置方式。

(3) 建議研究採取更有效之消防滅火藥劑。

(二)決議事項：

1. 事件發生第一時間未能立即以熱線電話通報至本會監管中心，請檢討改善。
2. 本次火災導致喪失主變壓器風扇狀態燈顯示之狀況，請檢討改善。
3. 事故後應動作設備是否未動作，以及不應動作設備是否動作，請電廠提出說明。
4. 請核三廠於 30 天內，就事件經過與處理（含通報、媒體溝通及救災人員安全）、肇因分析及改善措施提出書面報告。

六、散會：12 時 10 分。

## 附件五 核三廠 345 kV 起動變壓器火災現場視察會議紀錄

一、時間：98 年 07 月 08 日(星期三)上午 9 時 00 分

二、地點：核三廠行政大樓五樓會議室

三、主席：陳處長宜彬

四、出席單位及人員

原能會：鄧文俊、方鈞、王惠民、許明童、郭獻棠、張禕庭

臺電公司：陳廠長布燦及核三廠相關人員、核發處楊組長文龍

五、會議決議

- (一) 請台電總公司協助研閱美國電機及電子工程師協會 (IEEE) 或其他工業界標準，統籌訂定核能電廠大型變壓器之維護指引。
- (二) 未設置油泵作強制循環之變壓器，請考量其總可燃氣體 (TCG) 取樣點之代表性是否充足。
- (三) 本次皮托電驛 (Pitot Relay) 於事故前未能先期動作示警，請澄清其設定之正確性。
- (四) 主變與起變之狀態顯示燈 (Status Light)，因電源共用保險絲，致事故時因接地燒毀而均失去運轉狀態之顯示，請改善。
- (五) 請儘速規劃、完成發現鏽蝕變壓器之除鏽、修補、測厚工作，

以及高壓套管之介質功因 (Power Factor) 測試。

(六) 請提供核三廠閉路電視 (CCTV) 目前之監視點清單，並考量重要設備之監視狀況亦提供影像至本會監管中心，俾需要時供參酌。

(七) 98 年 6 月 19 日「核三廠 345 kV 起動變壓器火災討論會」之會議紀錄併入本案辦理，請於文到後一個月內回復。

## 附件六 核能電廠違規事項處理表

編號	DF-MS-98-002	廠別	核三廠	日期	98年7月15日
事項分類	反應器運轉	等級區分	四級違規	承辦人	郭獻棠 2232-2157
<p>違規事項：核三廠 345 kV 起動變壓器維護作業執行不當，導致 98 年 6 月 12 日火災事件發生。</p> <p>法規要求：</p> <p>一、核三廠終期安全分析安全報告第 17 章「品質保證」。</p> <p>二、台灣電力公司核能營運品質保證方案（以下簡稱品保方案）。</p> <p>違規條款：核子設施違規事項處理作業要點：違規事項之類級區分一、(四)、2。</p> <p>違規內容：</p> <p>一、98 年 6 月 12 日核三廠 345 kV 起動變壓器 MC-X04 火災事件，經查為該變壓器 B 相高壓套管之膨脹室頂部出現鏽蝕穿孔，使得高壓套管密封破壞，致絕緣劣化而產生閃絡 (flashover)，造成變壓器內部壓力升高，高壓套管護罩之人孔被震開，絕緣油外噴起火，引發本次事件。</p> <p>二、查原廠家日立公司電力變壓器說明書，變壓器之除鏽補漆作業 (recoating)，應每 2~3 年依說明書規定之方式執行之。核三廠未依廠家說明書於維護作業程序書中明列變壓器之除鏽補漆作業時程及方式，亦未確實執行該除鏽補漆作業，導致 345 kV 起動變壓器 MC-X04 B 相高壓套管之膨脹室頂部出現鏽蝕穿孔而未及時發現。</p> <p>三、查核三廠維護作業程序書 700-E-121「起動變壓器定期檢查程序書」之 345 kV 起動變壓器維護查證表步驟 17，要求針對「外殼脫漆生鏽」進行每三個月定期檢查。本會視察員於 98 年 7 月 7 日會同電廠人員檢查另一台 345 kV 起動變壓器 MC-X01，同樣發現 A 相高壓套管膨脹室油表上方處亦有鏽蝕，可見核三廠對該項「外殼脫漆生鏽」定期檢查作業未落實執行，以致變壓器外殼鏽蝕而未能發現，應非屬個案。</p>					

## 核能電廠違規事項處理表(續頁)

四、綜上所述，345 kV 起動變壓器維護作業執行確有不當，導致 98 年 6 月 12 日火災事件發生，未符品保方案第五章「工作說明書、作業程序書及圖面」之要求。

違規等級判定：

本次核三廠 345 kV 起動變壓器除鏽補漆作業執行不當，維護檢查工作未能落實，造成電氣設備故障起火，已實質對人員安全產生影響，因而依核子設施違規事項處理作業要點：違規事項之類級區分一、(四)、2，開立本件違規事項通知，請核三廠針對變壓器維護作業確實進行檢討改正，以免類似事件再次發生。

參考文件：

- 1.核三廠維護作業程序書 700-E-121 「起動變壓器定期檢查程序書」。
- 2.核三廠維護作業程序書 700-E-122 「起動變壓器(S/U XFMR)大修檢查程序書」。
- 3.原廠家日立公司電力變壓器說明書。